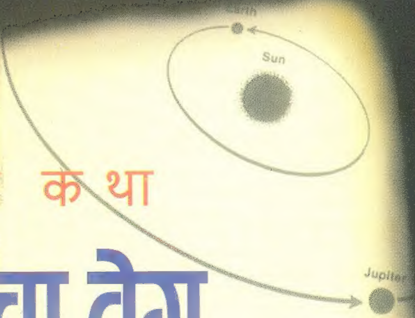
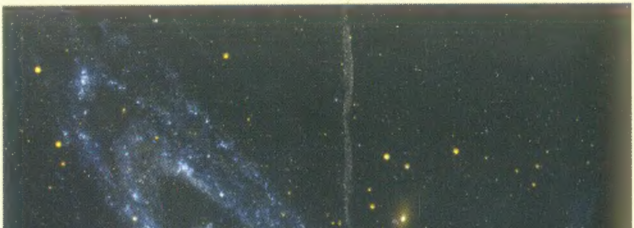


शोधांच्या कथा

प्रकाशाचा वेग

आयझॅक आसिमॉव्ह



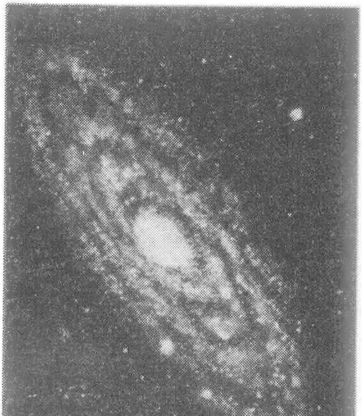
अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधांच्या कथा

प्रकाशाचा वेग

आयझॅक आसिमॉव्ह

अनुवाद : सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

Shodhanchya Katha - Prakashacha Veg
शोधांच्या कथा - प्रकाशाचा वेग

प्रकाशक । अरविंद घन:श्याम पाटकर
मनोविकास प्रकाशन, सदनिका क्र. ३/अ, चौथा मजला, शक्ती टॉवर्स,
६७२, नारायण पेठ, नू. म. वि. समोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०
Website : www.manovikasprakashan.com
Email : manovikaspublication@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुखपृष्ठ । गिरीश सहस्रबुद्धे अक्षरजुळणी । गणराज उद्योग, पुणे.
मुद्रक । बालाजी एन्टरप्रायजेस, पुणे. प्रथमावृत्ती । ११ जून २०१२
ISBN : 978-93-81636-89-3

अनुक्रमणिका

१ | पहिला अंदाज-५

२ | अंतराळातून पृथ्वीकडे-१३

३ | प्रयोगशाळेत-२१

४ | प्रकाशवर्षे व विश्व-३०

५ | सापेक्षतावाद व प्रकाशाची मर्यादा-४०

१ | पहिला अंदाज

वादळात तुम्ही कधी वीज चमकलेली पाहिली आहे का?

आकाशात चमकणारी वीज म्हणजे जमिनीकडून ढगाकडे किंवा एका ढगाकडून दुसऱ्या ढगाकडे झपाट्याने जाणारा विद्युत्प्रवाह आहे. तसे होताना सेकंदाच्या एका छोट्याशा भागात हे तापमान शुभ्र गरम होण्याइतके म्हणजे हजारो अंशांपर्यंत वाढते आणि आजूबाजूची हवा प्रसरण पावते. वीज चमकणे थांबले की हवा थंड होते व परत आकुंचन पावून एकत्र येताना तिचा मोठा आवाज होतो. या आवाजाला आपण विजेचे कडाडणे म्हणतो.

वीज जेव्हा आपल्यापासून जवळच कडाडते, तेव्हा विजेमुळे दिसणारा प्रकाश खूपच तेजस्वी दिसतो व कडाडण्याचा आवाजही जोरात ऐकू येतो व हे दोन्ही एकाच वेळी घडते.

वीज जेव्हा दूर अंतरावर असेल, तेव्हा ती कमी तेजाने चकाकते व तिचा आवाजही येत नाही. थोडा वेळ वाट पाहिली, तर अर्थात वीज कडाडण्याचा आवाज येतो, त्याचा प्रतिध्वनीही परत परत ऐकू येतो; पण तो आवाज फारसा मोठा नसतो. दूर अंतरावर चमकलेली वीज जवळच्या विजेएवढी तेजस्वी दिसणार नाही व तिचा आवाजही तेवढा मोठा असणार नाही हे समजण्यासारखे आहे; पण मग, आवाज येण्यासाठी एवढा वेळ का लागावा?

आवाजाला एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी पोचायला वेळ लागतो, हेच याचे कारण आहे. ध्वनीचा वेग मोजण्यात आला असून तो ताशी ७४० मैल असतो.

याचाच अर्थ, ध्वनी एका सेकंदात १,०८६ फूट जातो. पाच सेकंदात तो एका मैलाचे अंतर काटतो. तुमच्यापासून एक मैल

अंतरावर जर वीज चमकली, तर त्या विजेच्या कडाडण्याचा आवाज येण्यासाठी तुम्हाला पाच सेकंद वाट पाहावी लागेल. ती जर दोन मैलांवर चमकली तर तिचा आवाज दहा सेकंदांनी पोचेल वगैरे वगैरे.

पण मग वीज चमकण्याने दिसणाऱ्या प्रकाशाचे काय? त्याला आपल्यापर्यंत पोचायला वेळ लागत नाही का?

कदाचित लागतही असेल, पण तसे असल्यासही त्याचा वेग ध्वनीपेक्षा अधिक असणार, कारण विजेचा चमचमाट दिसल्यानंतर काही वेळाने आपल्याला तिचा आवाज ऐकू येतो.

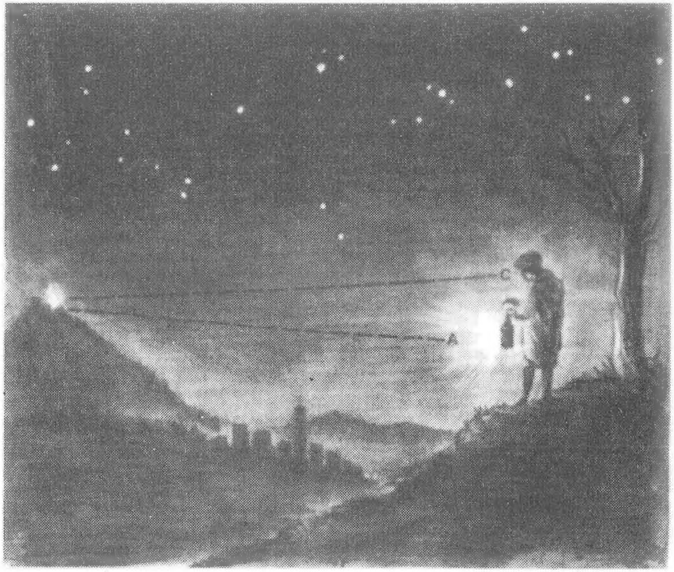
प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा काही मार्ग असू शकेल का?

प्राचीन काळी तो मोजता येणार नाही अशी सर्वसाधारण कल्पना होती. काही विद्वानांचे मत होते, की प्रकाश इतक्या वेगाने प्रवास करत असेल, की कितीही मोठे अंतर असले तरी तो ते क्षणात पार करतो. त्याचा वेग अमाप असणार; म्हणजे आपण कल्पना करू, त्याहीपेक्षा त्याचा वेग अधिक असणार.

प्रकाशाचा वेग अमाप नसेल असे ज्या विद्वानांना वाटले, त्यांचेही मत, हा वेग मोजता न येण्याइतका मोठा असेल, असेच होते.

गॅलिलिओ (१५६४-१६४२) या इटालियन शास्त्रज्ञाने इ. स. १६३० च्या सुमारास प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा सर्वप्रथम प्रयत्न केला.

त्याने व त्याच्या सहाय्यकाने ज्यातील मेणबत्ती, त्यावर आवरण घालून व ते आवरण काढून, विशिष्ट वेळी उजेड देऊ शकेल असे कंदील घेतले. प्रकाशाचा लहानसा किरणही सहजपणे दिसू शकेल अशा एका अंधाऱ्या रात्री ते दोघे जवळच्या दोन टेकड्यांवर गेले. प्रत्येकाने आपल्या टेकडीवर पोचल्यावर दिव्याचा झोत पाठवला, म्हणजे दुसऱ्याला तो टेकडीवर पोचल्याचे समजले. एकमेकांना



प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा गॅलिलिओचा प्रयोग.

असे झोत पाठवल्यानंतर दोघांनीही आपले दिवे बंद केले.

नंतर गॅलिलिओने आपल्या दिव्याचा झोत दाखवला. तो दिसल्याबरोबर दुसऱ्या टेकडीवरील गॅलिलिओच्या सहाय्यकांने आपल्याही दिव्याचा झोत दाखवला. गॅलिलिओने त्याच्या दिव्याचा झोत सोडल्यापासून ते त्याच्या सहाय्यकाच्या दिव्याचा झोत दिसेपर्यंतचा काळ (बहुधा सेकंदातच) मोजला. हाच प्रयोग अनेक वेळा करून त्याने त्या निष्कर्षांची सरासरी काढली असावी. या कालावधीपैकी काही वेळ तरी एका टेकडीवरून प्रकाशाला दुसऱ्या टेकडीपर्यंत जाण्यास व तेथून परत येण्यास लागलेला वेळ असणार.

त्याचप्रमाणे यातील काहीसा वेळ हा प्रतिक्रिया नोंदवण्यास लागलेला कालावधीही असणार. कारण गॅलिलिओच्या दिव्याचा

उजेड दिसला असे लक्षात येऊन आपल्याकडील दिवा दिसेल अशा तऱ्हेने त्यावरील आवरण काढण्यासही सहाय्यकाला काही तरी अवधी लागला असणारच.

गॅलिलिओने नंतर पहिल्या दोन टेकड्यांहून बऱ्याच अधिक अंतरावरील टेकड्या निवडून हाच प्रयोग परत करून पाहिला. सहाय्यकाला प्रतिक्रिया नोंदवण्यासाठी पहिल्याइतकाच अवधी लागेल असे गृहीत धरून आता प्रकाशाला अधिक अंतर कापावे लागले असणार, असा गॅलिलिओने विचार केला. म्हणजे त्याने दाखवलेल्या प्रकाशापासून त्याच्या सहाय्यकाने पाठवलेला झोत त्याला दिसेपर्यंत लागलेला अधिकचा वेळ हा प्रकाशाला अधिकचे अंतर कापण्यासाठी लागलेला वेळ असला पाहिजे.

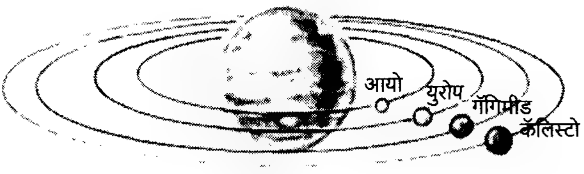
तथापि, यात काहीच फरक नव्हता. जवळच्या दोन टेकड्यांवरील प्रकाशाच्या प्रवासात व त्यापेक्षा बऱ्याच अधिक अंतरावरून प्रकाशाने केलेल्या प्रवासात काहीच फरक नव्हता. मधला वेळ हा केवळ प्रतिक्रियेचाच वेळ होता. प्रकाशाचा प्रवास इतक्या जलद गतीने झाला होता, की अधिकचे अंतर पार करण्यासाठी प्रकाशाला लागलेला वेळ मोजणे गॅलिलिओसाठी अशक्यच होते. म्हणून प्रकाश अत्यंत जलद गतीने प्रवास करतो इतकेच गॅलिलिओ म्हणू शकला.

(अर्थात, अत्यंत सूक्ष्म कालावधी अचूकपणे मोजण्याचा गॅलिलिओच्या काळी काहीच मार्ग नव्हता. अशा प्रकारच्या घड्याळांचा त्याच्या काळी शोध लागला नव्हता.)

१६०९ साली आकाशाकडे वळवलेल्या पहिल्याच दुर्बिणीतून पाहून गॅलिलिओने गुरूच्या चार उपग्रहांचा शोध लावला होता. हे उपग्रह गुरूभोवती प्रदक्षिणा करत होते. प्रत्येक उपग्रह गुरूसमोरून एका बाजूने काही अंतर गेला की परत फिरून, दुसऱ्या दिशेने गुरूच्या मागे जाऊन परत एकदा दिशा बदलून गुरूसमोरून जाई

व असे अव्याहतपणे होतच राही.

प्रत्येक वेळी एखादा उपग्रह गुरूच्या मागे गेला की त्या उपग्रहाचे 'ग्रहण' होई; आणि प्रत्येक उपग्रह गुरूभोवती एका ठरावीक गतीने भ्रमण करत असल्याने त्यांचे ग्रहणही ठरावीक वेळीच होत असे. गुरूच्या सर्वात जवळचा उपग्रह आपली प्रदक्षिणा सर्वात कमी कालावधीत करतो व त्याचे ग्रहण दर पावणेदोन दिवसांनी होते. त्यानंतरच्या उपग्रहाचे ग्रहण साडेतीन दिवसांनी होते, नंतरच्या उपग्रहाचे होते सात पूर्णांक एक षष्ठांश दिवसांनी, तर शेवटच्या उपग्रहाचे ग्रहण सोळा पूर्णांक तीन चतुर्थांश दिवसांनी.



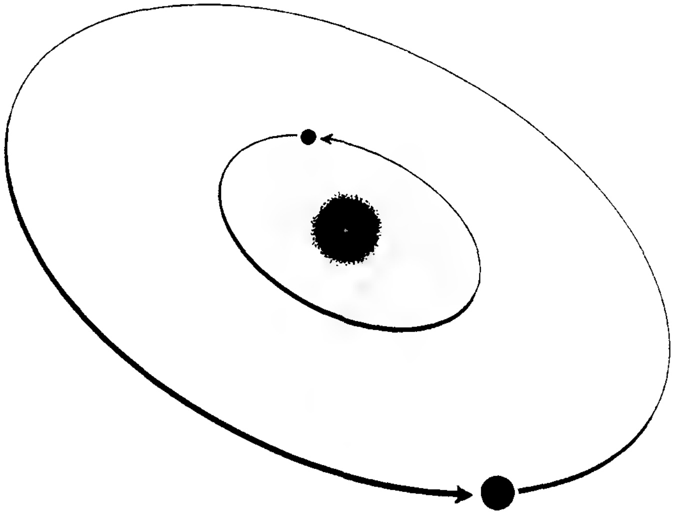
गुरू व त्याचे चार चंद्र

१६५६ साली ख्रिस्चियान हॉयगेंझ (१६२९-१६९५) या डच खगोलशास्त्रज्ञाने लंबकाच्या घड्याळाचा शोध लावला. गॅलिलिओने शोधून काढलेल्या लंबकाच्या काही गुणधर्मांचा त्याने यात वापर केला होता. अचूक वेळ दर्शवणारे हे पहिलेच घड्याळ होते आणि प्रत्येक मिनिट ते अचूकपणे दाखवू शके. गुरूच्या उपग्रहांच्या ग्रहणासारख्या घटनांच्या वेळेची अधिक अचूक नोंद ठेवणे यामुळे शक्य झाले.

ओलॉस रॉयमर (१६४४-१७१०) या डच खगोलशास्त्रज्ञाने गुरूच्या उपग्रहांचा या तऱ्हेने अभ्यास केला व त्याला कोड्यात टाकणारा एक शोध लागला. वर्षाच्या अर्ध्या भागात ही ग्रहणे त्यांच्या निर्धारित वेळेहून अधिकाधिक उशिरा घडून येत व वर्षाच्या

दुसऱ्या भागात मात्र ती निर्धारित वेळेहून अधिकाधिक अगोदरच घडू लागत. संपूर्ण वर्षाचा विचार केला असता सरासरीने ही ग्रहणे ठरावीक वेळी घडतात असे म्हणता येत असे; परंतु काही वेळा ती सरासरीहून जवळजवळ आठ मिनिटे अगोदर होत असत, तर काही वेळा सरासरीहून सुमारे आठ मिनिटे उशिराने घडून येत असत.

असे का होत असावे?



पृथ्वी व गुरूची कक्षा

पृथ्वी सूर्याभोवती एका वर्षात एक प्रदक्षिणा करते. गुरू सूर्यापासून अधिक अंतरावर असल्याने त्याची भ्रमणकक्षा मोठी आहे. त्याला सूर्याभोवती एक प्रदक्षिणा करण्यास बारा वर्षे लागतात.

गुरू सूर्याभोवती एक प्रदक्षिणा करतो तेव्हा पृथ्वीच्या

सूर्याभोवती बारा प्रदक्षिणा होतात. याचा अर्थ, अर्ध्या वर्षाच्या कालावधीसाठी पृथ्वी व गुरू सूर्याच्या एकाच बाजूला असतात आणि राहिलेल्या अर्ध्या वर्षात गुरूच्या दृष्टीने पाहिले असता पृथ्वी सूर्याच्या विरुद्ध बाजूला असते.

पृथ्वी व गुरू जेव्हा सूर्याच्या एकाच बाजूला असतात व पृथ्वी गुरूच्या शक्य तेवढी निकट असते, तेव्हा गुरूच्या उपग्रहांकडून येणाऱ्या प्रकाशाला पृथ्वीपर्यंत पोचण्यासाठी एक विशिष्ट अंतर पार करावे लागते. त्यानंतरच्या सहा महिन्यांत पृथ्वी आपल्या भ्रमणकक्षेच्या दुसऱ्या बाजूला असते म्हणजेच गुरूकडून पाहिले असता सूर्याच्या विरुद्ध बाजूला. गुरूच्या उपग्रहांकडून येणाऱ्या प्रकाशाला पहिल्याइतके अंतर तर पार करावे लागतेच, शिवाय पृथ्वीच्या भ्रमणकक्षेच्या रुंदीइतके अधिकचे अंतरही पार करावे लागते.

पृथ्वीच्या भ्रमणकक्षेच्या पूर्ण रुंदीइतके अंतर पार करण्यास प्रकाशाला अर्थातच अधिक वेळ लागतो. गुरूच्या उपग्रहांचे ग्रहण दिसण्यासाठी पृथ्वीवरील खगोलशास्त्रज्ञांना तेवढा अधिक वेळ वाट पाहावी लागते. म्हणूनच ही ग्रहणे सरासरीपेक्षा उशिरा होताना दिसतात. पृथ्वी व गुरू सूर्याच्या एकाच बाजूला असताना प्रकाशाला तुलनेने कमी अंतर पार करावे लागते व ही ग्रहणे सरासरीपेक्षा लवकर होताना दिसतात.

रॉयमरच्या काळी पृथ्वीच्या भ्रमणकक्षेची नेमकी रुंदी माहीत झालेली नव्हती. त्या रुंदीसंबंधीचा त्या काळातील सर्वोत्कृष्ट अंदाज गृहीत धरून रॉयमरने असा निष्कर्ष काढला, की तेवढे अंतर पार करायला प्रकाशाला सुमारे सोळा मिनिटे लागत असणार. त्या अंतराचा हिशेब करून प्रकाशाचा वेग दर सेकंदाला १,३२,००० (एक लक्ष बत्तीस हजार) मैल असला पाहिजे, असे रॉयमरने जाहीर केले.

पृथ्वीच्या भ्रमणकक्षेची रॉयमरने गृहीत धरलेली रुंदी चुकीची असल्याने, त्याने हिशेबाने ठरवलेला प्रकाशाचा वेग प्रत्यक्षातील वेगापेक्षा बराच कमी, म्हणजे प्रती सेकंदाला सुमारे ५0,000 मैल कमी भरला; पण पहिल्यानेच केलेला प्रयत्न या दृष्टीने तो वैशिष्ट्यपूर्णच होता.

रॉयमरने १६७६ साली प्रसिद्ध केलेला हा अंदाज अतिशय वेगवान गती दर्शवतो. दोन टेकड्यांमधील अंतरावरून गॅलिलिओला तो शोधून काढता आला नाही यात काहीच आश्चर्य वाटण्याजोगे नाही. दोन टेकड्यांमधील अंतर जर १ मैल असेल, तर प्रकाशाला ते अंतर पार करून परत येण्यास (रॉयमरने वर्तवलेला अंदाज खरा असल्याचे गृहीत धरल्यासदेखील) १/६0,000 सेकंद लागले असणार. दोन टेकड्या एकमेकांपासून १0 मैल अंतरावर असल्यास, प्रकाशाला त्यासाठी १/६,000 सेकंद लागणार. सेकंदाचा इतका सूक्ष्म भाग गॅलिलिओला मोजता येणे शक्यच नव्हते.

२ | अंतराळातून पृथ्वीकडे

रॉयमरने हा वेग जाहीर करण्याने फारशी खळबळ माजली नाही. हा वेग इतका प्रचंड होता, की लोकांना त्याची कल्पनादेखील करता आली नाही. किंवा एखाद्या घड्याळाचा वापर करून अचूकपणे वेळ मोजण्याची कल्पनाच लोकांना विचित्र वाटली असेल. कारण काहीही असले, तरी रॉयमरचे संशोधन कार्य विस्मरणातच गेले आणि सुमारे ७० वर्षांपर्यंत कोणाला याची आठवणदेखील झाली नाही.

दरम्यानच्या काळात शास्त्रज्ञांचे लक्ष दुसऱ्याच एका विषयाकडे वेधले गेले होते. तारे खूप दूरवर असल्याचे माहीत होते; पण ते नेमके किती अंतरावर आहेत हे कोणालाच माहीत नव्हते. पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत असताना, त्यांची स्थाने मोठ्या प्रमाणावर बदलत होती.

सूर्याच्या एका बाजूला असताना एखाद्या खूप दूरवरच्या ताऱ्याच्या संदर्भात एखादा जवळचा तारा एका विशिष्ट ठिकाणी दिसे; पण सहा महिन्यांनंतर, पृथ्वी सूर्याच्या दुसऱ्या बाजूला गेल्यावर वेगळ्या कोनातून पाहिल्याने त्याच जवळच्या ताऱ्याचे स्थान दूरवरच्या ताऱ्याच्या संदर्भात निराळे दिसते. (दूरवरचा तारा अतिशय दूर असल्याने पृथ्वीच्या स्थानातील थोड्याशा बदलाने त्यात काहीच फरक पडत नाही. म्हणून अतिशय दूरवरच्या ताऱ्याच्या स्थानात काहीच बदल होत नाही.)

पृथ्वीचे स्थान बदलल्याने, दूरवरच्या ताऱ्याच्या संदर्भात जवळच्या ताऱ्याच्या स्थानात होणाऱ्या बदलाला 'पॅरॅलक्स' असे म्हणतात. हे कसे घडते हे पाहण्यासाठी तुमचे एक बोट तुमच्या

चेहऱ्यापासून एक फुटाच्या अंतरावर स्थिर ठेवून तुम्ही पाहू शकता. डावा डोळा बंद केल्यास उजव्या डोळ्याने तुम्हाला तुमचे बोट एखादे झाड अथवा दिवा या पार्श्वभूमीच्या संदर्भात एका विशिष्ट ठिकाणी दिसेल. आता बोट न हलवता डावा डोळा उघडा व उजवा डोळा बंद करा. आता तुमचे बोट त्याच पार्श्वभूमीच्या संदर्भात वेगळ्या ठिकाणी असलेले दिसेल.

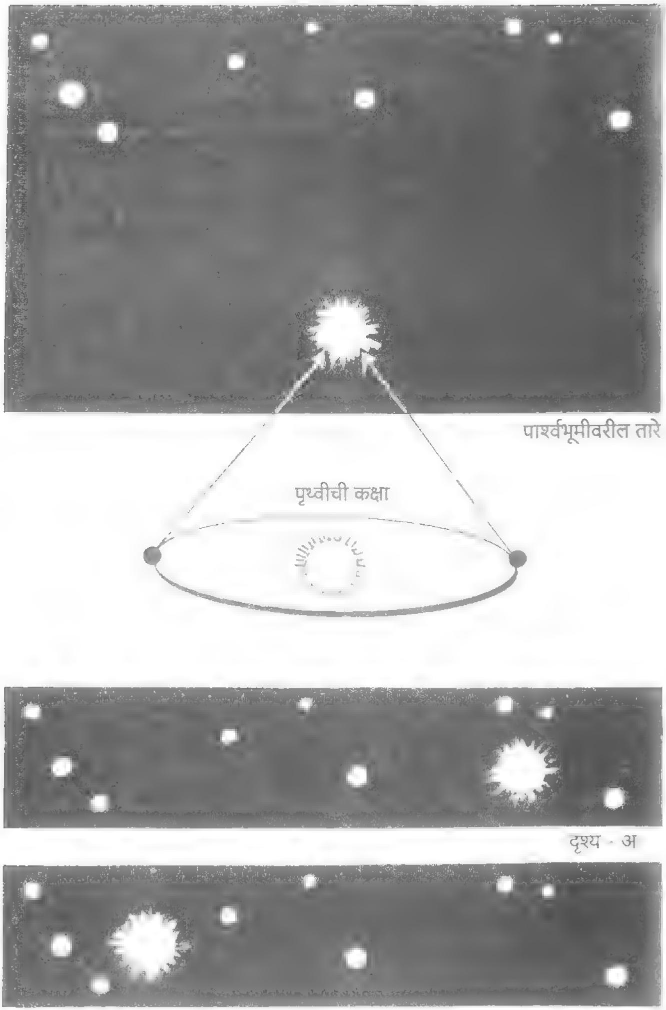
या स्थानात झालेल्या बदलावरून तुमच्या डोळ्यांपासून बोटाचे अंतर किती असेल ते गणिताने ठरवता येईल. त्याचप्रमाणे पृथ्वी सूर्याभोवती प्रदक्षिणा करत असताना, जवळच्या ताऱ्याच्या स्थानात झालेल्या बदलावरून खगोलशास्त्रज्ञ त्या ताऱ्याचे अंतर गणिताने हिशेब करून काढू शकतात.

अर्थात, यातील अडचण अशी आहे, की सर्वात जवळचे तारेदेखील इतके दूर आहेत की त्यांच्या स्थानात घडणारा बदल (पॅरॅलक्स) अगदी सूक्ष्म असतो. अठराव्या शतकातील दुर्बिणी हा सूक्ष्म पॅरॅलक्स मोजू शकत नसत. अर्थात, शास्त्रज्ञांना त्या वेळी हे माहीत नव्हते. वर्षभरात ताऱ्यांच्या स्थितीची नोंद करून ते हा फरक मोजण्याचा प्रयत्न करतच राहिले.

जेम्स ब्रॅड्ली (१६९३-१७६२) हा इंग्रज खगोलशास्त्रज्ञही त्यातीलच एक होता. पृथ्वीच्या स्थानात झालेल्या बदलाबरोबरच काही ताऱ्यांच्या स्थानात झालेले काही सूक्ष्म बदल त्याच्या लक्षात आले; परंतु हे बदल चुकीचे होते.

पृथ्वी एका दिशेने जात असताना ताऱ्यांतील बदल विरुद्ध दिशेने दिसायला हवा. ब्रॅड्लीने केलेल्या निरीक्षणात असे घडले नव्हते. ताऱ्याच्या स्थानातील बदल चुकीच्या दिशेने झाला होता, म्हणजे हा पॅरॅलक्स नसणार.

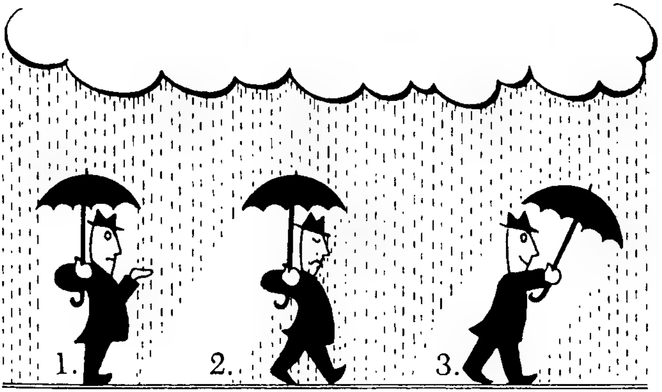
पण हा जर पॅरॅलक्स नसेल, तर मग ते काय होते? ब्रॅड्लीने या कोड्याचा बराच विचार केल्यावर त्याला पुढील कल्पना सुचली.



पॅरॅलॅक्स

वादळी पाऊस पडत असताना तुम्ही त्यात हालचाल न करता उभे आहात व पाण्याचे थेंब सरळ रेषेत खाली येत आहेत अशी कल्पना करा. तुमच्याकडे जर छत्री असेल, तर ती तुम्ही तुमच्या डोक्यावर सरळ धराल आणि मग तुम्ही भिजणार नाही.

परंतु अशा पावसात तुम्ही पुढे चालू लागलात अशी कल्पना करा. छत्रीच्या किंचित बाहेर असणारा थेंब खाली येताना नेमका तुमच्या अंगावर पडेल. म्हणून चालू लागल्यावर तुम्हाला तुमची छत्री किंचित पुढे धरावी लागेल, म्हणजे पुढच्या बाजूने खाली येणारा थेंब तुमच्या अंगावर पडणार नाही. चालताना तर तुम्ही पुढच्या थेंबाच्या दिशेने व मागच्या थेंबापासून दूरच जात आहात.



तुम्ही जितक्या जलद गतीने चालाल, तितकी तुम्हाला छत्री पुढच्या बाजूला अधिक झुकवावी लागेल. कारण तुम्ही जितक्या जलद गतीने चालाल, तितके अधिकाधिक पुढचे थेंब तुम्हाला चुकवावे लागतील.

शिवाय पावसाचे थेंब जर संथ गतीने पडत असतील, तर छत्री

अधिक पुढे झुकवावी लागेल, कारण आता पावसाच्या थेंबांत जाण्यास तुम्हाला जलद गतीने पडणाऱ्या पावसाच्या थेंबांपेक्षा अधिक वेळ लागेल.

जर तुमचा चालण्याचा वेग व थेंबांची गती तुम्हाला माहीत असेल, तर नेमक्या कोणत्या कोनात छत्री पुढे झुकवावी लागेल हे दोन्हीची तुलना करून हिशेबाने ठरवता येईल. याउलट, कोरडे राहण्यासाठी छत्री कोणत्या कोनात वळवावी लागेल व तुमची चालण्याची गती तुम्हाला माहीत असेल, तर पावसाच्या थेंबांची गतीही शोधून काढता येईल.

एखाद्या ताऱ्याकडून येणारा प्रकाश पृथ्वीवर पावसाच्या थेंबांप्रमाणे येत असणार, असा विचार ब्रॅड्लीला सुचला. परंतु पृथ्वी एका जागी स्थिर नसून सूर्याभोवती फिरत आहे, म्हणून पावसाचे थेंब थोपवण्यासाठी छत्री जशी एका कोनात वळवावी लागते, त्याप्रमाणेच ताऱ्याकडून येणारा प्रकाश नोंदला जाण्यासाठी दुर्बीण किंचितशी झुकवावी लागेल. सूर्याभोवतीच्या प्रदक्षिणेत पृथ्वी वळली की ताऱ्याची स्थितीही, ब्रॅड्लीने पाहिली होती त्याच पद्धतीने बदलेल.

ताऱ्याचा प्रकाश मिळवण्यासाठी दुर्बीण नेमकी कोणत्या कोनात वळवावी लागेल हे ब्रॅड्लीला माहीत होते, कारण ताऱ्याच्या स्थानात तेवढाच फरक पडला होता व तो त्याला मोजता येत होता. तसेच पृथ्वीची सूर्याभोवती फिरण्याची गतीही त्याला माहीत होती. या दोन्हीच्या मदतीने ताऱ्याकडून येणारा प्रकाश पृथ्वीवर पडण्यासाठी तो कोणत्या गतीने येत असेल हे मोजणे शक्य होते.

१७४८ साली त्याने हा आकडा जाहीर केला आणि तो होता १,७६,000 (एक लक्ष शहात्तर हजार) मैल प्रती सेकंद. रॉयमरच्या अंदाजापेक्षा हा आकडा अधिक चांगला होता; पण तरीही तो सुमारे १0,000 मैल कमीच होता.

रॉयमरच्या काळापेक्षा ब्रॅड्लीच्या काळातील खगोलशास्त्रज्ञ एवढ्या प्रचंड आकड्याचा विचार करू शकत होते. आता पहिल्यांदाच प्रकाशाच्या वेगाला काहीतरी महत्त्व असल्याचे मानले गेले.

रॉयमर व ब्रॅड्ली या दोघांच्याही पद्धतीत प्रकाशाचा वेग मोजण्यासाठी खगोलशास्त्रीय घटनांचा आधार घेतला गेला होता. रॉयमरने गुरूकडून पृथ्वीकडे येण्यास प्रकाशाला लागणारा वेळ वापरला होता, तर ब्रॅड्लीने ताऱ्याकडून पृथ्वीकडे येणाऱ्या प्रकाशाच्या कोनाचा विचार केला होता.

हे तंत्र अंतराळाकडून पृथ्वीकडे आणण्याचा काही मार्ग होता का? शास्त्रज्ञांना पृथ्वीवरच प्रकाशाचा वेग मोजता येणार नाही का, म्हणजे सर्व प्रकारचे तपशील उपलब्ध असतील व मोजमापात आवश्यक त्या सुधारणाही वेळोवेळी करता येतील?

१८४९ साली असा प्रयोग करण्यात आला. आरमाँ हिपोलिट फिझो (१८१९-१८९६) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने काही सुधारणा करून गॅलिलिओचा प्रयोग परत करून पाहण्याचे ठरवले.

गेलिलिओप्रमाणेच फिझोने पाच मैल अंतरावरील दोन टेकड्या निवडल्या. प्रतिक्रियेसाठी लागणारा वेळ मात्र त्याने वाचवला. समोरच्या टेकडीवर एक सहाय्यक उभा करण्याऐवजी त्याने एका आरशाचा वापर केला.

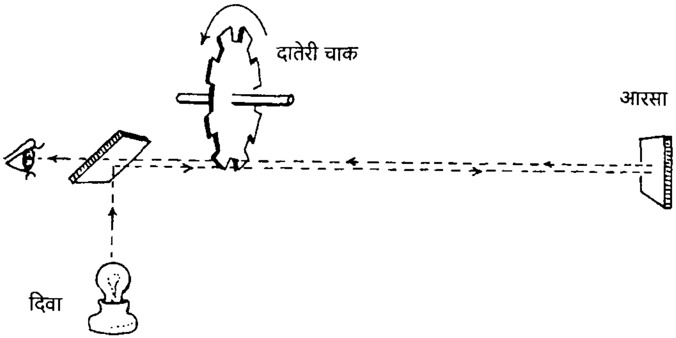
पहिल्या टेकडीवरून फिझोने एक प्रकाशाचा झोत टाकला. तो दुसऱ्या टेकडीवर पोचला की आरशामुळे तो ताबडतोब परावर्तित होईल व फिझोला दिसेल. झोत टाकल्यापासून तो परत दिसेपर्यंत लागलेल्या वेळावरून प्रकाशाला दहा मैल जाण्यास किती वेळ लागतो ते समजेल व त्यावरून प्रकाशाचा वेग सहज ठरवता येईल.

त्या वेळेपर्यंत प्रकाशाच्या गतीसंबंधी बरीच माहिती उपलब्ध झालेली असल्याने या अंतरासाठी १/१८,000 सेकंद लागेल हे

माहीत होते. गॅलिलिओपेक्षा फिझोकडे अधिक चांगली घड्याळे होती, तरीही काहीतरी विशेष पद्धत वापरल्याशिवाय इतका सूक्ष्म वेळ मोजणे अशक्यच होते.

फिझोने खरोखरच एका विशेष तंत्राचा अवलंब केला.

फिझोने एका दातेरी चाकाचा वापर केला. त्या चाकाचे एक टोक त्याने प्रकाशाच्या झोताच्या समोर ठेवले. प्रकाशझोत चाकाच्या पलीकडे गेला किंवा नाही हे चाकाच्या स्थानावर अवलंबून होते. चाकाचा दात प्रकाशझोताच्या नेमका समोर असल्यास, प्रकाश थोपवला जाई. चाकाच्या दातातील फट जर झोतासमोर असेल, तर प्रकाशझोत पलीकडे जाईल.



प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा फिझोचा प्रयोग.

फिझोने हे चाक संथ गतीने फिरवण्यास सुरुवात केली. एका फटीतून प्रकाशझोत पलीकडे गेल्यास, तो पाच मैलांवर असलेल्या टेकडीपर्यंत जाऊन आरशातून परावर्तित होऊन इतक्या चटकन फिझोकडे परत येई, की चाकाच्या दातातील फट अद्याप पहिल्याच ठिकाणी असे. यात चाक फिरून फटीची जागा बदलून दात समोर

येऊन प्रकाश थोपवेल इतकाही अवधी गेलेला नसे.

फिझोने हे दातेरी चाक फिरवण्याची गती वाढवत नेली. हे चाक जेव्हा विशिष्ट गतीने फिरवले जाई, तेव्हा प्रकाशझोत फिझोकडून जाऊन टेकडीवरील आरशातून परावर्तित होई; पण तो परावर्तित प्रकाश फिझोकडे येईपर्यंत चाकाचा दात पुढे गेल्याने परावर्तित प्रकाश फिझोच्या डोळ्यांपर्यंत पोचू शकत नसे, तो वाटेतच अडवला जाई.

फिझोने जर हे चाक फिरवण्याची गती वाढवत नेली, तर अखेर प्रकाश एका फटीतून पलीकडे जाई व तो पाच मैलांवरील टेकडीवरच्या आरशातून परावर्तित होऊन पाच मैल परत येईपर्यंत एक दात पुढे जाऊन दुसरी फट समोर आलेली असे व फिझोला परावर्तित प्रकाश दिसू शके.

चाकाच्या फिरण्याची गती फिझोला माहीत होती, म्हणून एक फट बाजूला जाऊन दातानंतरची दुसरी फट समोर येण्यास किती वेळ लागेल हे त्याला माहीत होते. प्रकाशाला दहा मैलांचा प्रवास करण्यास किती वेळ लागला यावरून प्रकाशाचा वेग हिशेब करून काढणे शक्य होते.

१८४९ साली केलेल्या हिशेबावरून फिझोने हा वेग प्रती सेकंद १,९६,000 मैल असल्याचे सांगितले. प्रथमच कोणीतरी प्रकाशाचा वेग प्रत्यक्षाहून अधिक असल्याचा अंदाज केला होता. वास्तविक, फिझो व ब्रॅड्ली या दोघांच्या अंदाजात फारसा फरक नव्हता. ब्रॅड्लीचा अंदाज प्रत्यक्षापेक्षा दर सेकंदाला १0,000 मैल कमी होता, तर फिझोचा अंदाज प्रत्यक्षाहून १0,000 मैल अधिक.

तथापि, फिझोने हे मोजमापाचे साधन अंतराळातून पृथ्वीवर आणले होते. आता याहून अधिक चांगल्या पद्धतीची आवश्यकता होती.

३ प्रयोगशाळेत

फिझोच्या संशोधनकार्यात जाँ बर्नार्ड लेऑं फुको (१८१९-१८६८) हा फ्रेंच शास्त्रज्ञ त्याला साहाय्य करत असे.

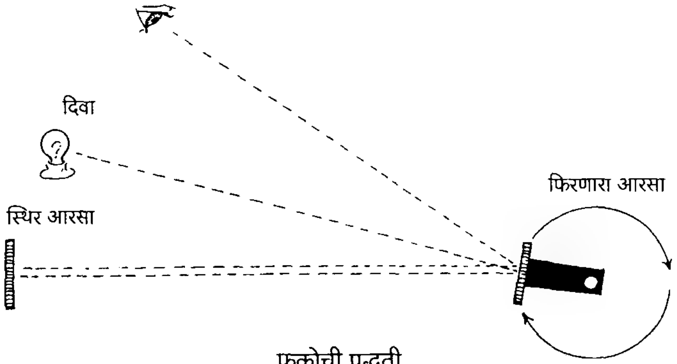
फिझोसारखाच एक प्रयोग फुकोनेही करून पाहायचे ठरवले. तथापि, दातेरी चाकाऐवजी फुकोने आणखी एका आरशाचा उपयोग केला. प्रकाशझोत प्रथम पहिल्या आरशापर्यंत गेला, तेथून परावर्तित होऊन तो दुसऱ्या आरशावर गेला व त्यानंतर तो पडद्यावरील एका विशिष्ट ठिकाणी पडला.

दुसरा आरसा वेगाने फिरत आहे अशी कल्पना करा. प्रकाशझोत पहिल्या आरशावरून दुसऱ्या आरशापर्यंत परावर्तित होऊन येईपर्यंत दुसरा आरसा किंचित फिरला असेल म्हणून प्रकाशकिरण पडद्यावर निराळ्या ठिकाणी पोचेल.

परावर्तित प्रकाशाच्या बदललेल्या स्थानावरून व आरसा फिरण्याचा वेग माहीत असल्याने प्रकाशाचा वेग निर्धारित करता येईल.

फुकोने हा प्रयोग अनेक वेळा करून काळजीपूर्वक मोजमापे घेतली व त्याच्या उपकरणातही वेळोवेळी सुधारणा केल्या. १८६२ साली प्रकाशाचा वेग प्रती सेकंद १,८५,००० मैल असल्याचा निष्कर्ष त्याने काढला. आतापर्यंतच्या अंदाजापैकी हा सर्वात उत्तम निष्कर्ष होता, कारण यात प्रत्यक्षापेक्षा केवळ १,००० मैल प्रती सेकंदाचाच फरक राहिला होता.

फुकोच्या पद्धतीत आणखी एक फायदा होता. ही पद्धत अतिशय संवेदनशील असल्याने यासाठी फार मोठ्या अंतराची आवश्यकता नव्हती. आता गॅलिलिओ व फिझोप्रमाणे अनेक मैल



फुकोची पद्धती

अंतरावरील टेकड्यांवर जाण्याची आवश्यकता नव्हती. प्रकाशझोताने केवळ ६६ फुटांचा प्रवास करूनही त्याला चांगले निष्कर्ष काढता आले होते.

याचा अर्थ, बाहेर मोकळ्या जागेत जाऊन प्रयोग करण्याऐवजी तो आपल्या प्रयोगशाळेत बसून काम करू शकत होता. शिवाय आणखी महत्त्वाचे म्हणजे, हवेऐवजी इतर माध्यमातून प्रकाशकिरण जाण्याचा वेगही शोधून काढणे आता शक्य होते.

प्रकाशाचा वेग शोधून काढण्यासाठी जेव्हा प्रकाशाला दहा मैल प्रवास करणे भाग होते, तेव्हा तो केवळ हवेतूनच जाऊ शकत असे. एखाद्या पाच मैल लांबीच्या पाण्याच्या कालव्यातून प्रकाशकिरण जाऊन परत आला तरीही त्याचा पाण्यातील वेग निश्चित करणे शक्य नव्हते. कारण पाणी केवळ लहान अंतरातच पारदर्शक असते. म्हणून एवढ्या मोठ्या अंतरात सर्व प्रकाश शोषणच केला जाईल.

फुको त्याचे प्रयोग लहान अंतरात करत असल्याने प्रकाशाचा पाण्यातील वेग शोधून काढणे त्याला शक्य होते.

त्याच्या काळी प्रकाशाच्या स्वरूपासंबंधी दोन मतप्रवाह प्रचलित

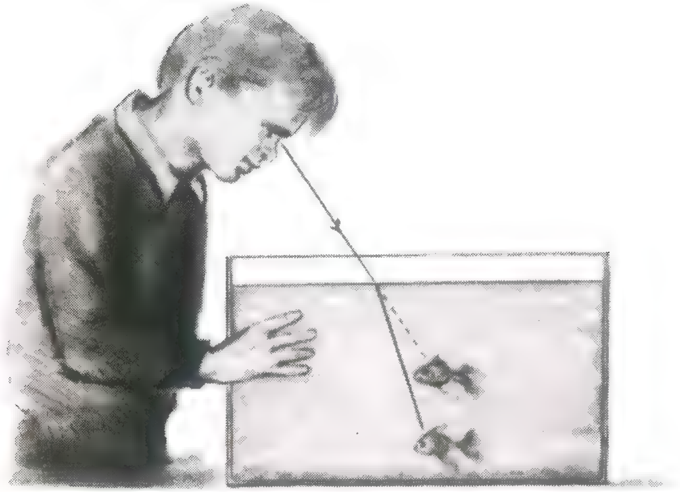
होते. काहींच्या मते प्रकाश सूक्ष्म कणांच्या प्रवाहाचा बनला होता; तर इतरांच्या मते ती लहरींची मालिका होती. यापैकी लहरींचा सिद्धान्त अधिक लोकांना मान्य होता. पण ज्यांनी कणांचा सिद्धान्त मान्य केला होता त्यांच्या मनात लहरींच्या सिद्धान्ताबाबत अद्याप साशंकता होती.

कणांच्या सिद्धान्तानुसार प्रकाशाचा वेग हवेपेक्षा पाण्यात अधिक असायला हवा. लहरींच्या सिद्धान्तानुसार प्रकाशाचा वेग पाण्यापेक्षा हवेत अधिक असायला हवा.

१८५३ साली फुकोने प्रकाशकिरण पाण्यातून पाठवला व त्याच्या फिरणाऱ्या आरशाच्या पद्धतीने त्याचा वेग मोजला. त्यात असे दिसून आले, की प्रकाशाचा पाण्यातून जाण्याचा वेग हवेतील वेगाच्या सुमारे तीन-चतुर्थांश इतकाच असतो. लहरींच्या सिद्धान्ताला यामुळे बराच पाठिंबा मिळाला आणि कणांचा सिद्धान्त यापुढे रद्दच समजण्यात आला. (कालांतराने, अर्ध्या शतकानंतर, प्रकाशात कणांचे तसेच लहरींचेही गुणधर्म असतात असे सिद्ध झाले. ते आपण नंतर पाहू.)

प्रकाश हवेतून गेल्यावर जेव्हा दुसऱ्या कोणत्यातरी पारदर्शक माध्यमातून प्रवास करतो, तेव्हा त्याचा मार्ग वाकतो, किंवा माध्यम बदलताना प्रकाशाचे 'विकिरीकरण' (रिफ्रॅक्शन) होते. प्रकाशकिरण किती वाकेल हे त्या पारदर्शक माध्यमाच्या 'विकिरीकरण क्षमतेवर' (इंडेक्स ऑफ रिफ्रॅक्शन) अवलंबून असते. विकिरीकरण क्षमता जितकी अधिक, तितका प्रकाशाचा त्या माध्यमातून जाण्याचा वेग कमी असतो.

प्रकाशाचा पाण्यातून जाण्याचा वेग प्रती सेकंद सुमारे १,४०,००० मैल इतका असतो. काचेची विकिरीकरण क्षमता अधिक असल्याने काचेतून तो प्रती सेकंद सुमारे १,२५,००० मैल या वेगाने जातो. हिऱ्याची विकिरीकरण क्षमता अतिशय उच्च असल्याने



प्रकाशाचे पाण्यातील विकिरीकरण

त्यातून तो प्रती सेकंदाला सुमारे ७७,००० मैल या वेगाने प्रवास करतो.

आल्बर्ट ॲब्रॅहम मायकेल्सन (१८५२-१९३१) या जर्मन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने प्रकाशाचा वेग निर्धारित करण्यातील पुढची महत्त्वाची पायरी गाठली.

१८७८ साली त्याने या प्रश्नाचा अभ्यास सुरू केला व त्यासाठी त्यानेही फुकोचीच पद्धत वापरली. मात्र, त्याने आपली उपकरणे अधिक संवेदनशील बनवली. फिरणारा आरसा वापरून फुकोला प्रकाशाच्या स्थानातील बदल १/४० इंचांपर्यंत मिळवता आला होता. १/४० इंचाचे हे अंतर अचूकपणे मोजणे तसे बरेच कठीण होते.

मायकेल्सनला हा फरक पाच इंचांपर्यंत वाढवण्यात यश आले. त्यामुळे अर्थातच हे अंतर मोजणे सोपे होते. १८७९ साली प्रकाशाचा

वेग प्रती सेकंद १,८६,३५५ मैल असल्याचे त्याने जाहीर केले. आतापर्यंतच्या सर्वच आकड्यातील हा सर्वात सुधारित आकडा होता, कारण तो प्रत्यक्षातील वेगापेक्षा सुमारे ७३ मैलच अधिक होता. प्रकाशासंबंधीच्या या व नंतरच्या इतर संशोधनासाठी त्याला १९०७ साली नोबेल पारितोषिक देण्यात आले. शास्त्रांमध्ये नोबेल पारितोषिक मिळवणारा तो पहिलाच अमेरिकन शास्त्रज्ञ होता.

प्रकाशाच्या वेगासंबंधी अधिकाधिक अचूक माहिती मिळवण्यासाठी अखेर मायकेल्सननेही गॅलिलिओ व फिझोच्या टेकडीवरून प्रकाश सोडण्याच्याच पद्धतीकडे परत जायचे ठरवले. वास्तविक त्याची गरज नव्हती. प्रयोगशाळेत त्याला मिळालेले निष्कर्षच सर्वोत्कृष्ट होते. तरीही संवेदनशील मोजमापे मोठ्या अंतरावर घेऊन अधिक चांगले निकाल मिळवता येतील असे त्याला वाटत होते.

१९२३ साली मायकेल्सनने कॅलिफोर्नियातील दोन टेकड्या निवडल्या. फिझोच्या पाच मैल अंतरावरील टेकड्यांऐवजी या दोन टेकड्यांतील अंतर होते २२ मैल. अर्थात, गॅलिलिओपेक्षा किंवा फिझोपेक्षाही मायकेल्सन अधिक तेजस्वी प्रकाशझोत पाठवू शकत होता. मायकेल्सन विद्युत्प्रकाश वापरू शकत होता. म्हणून २२ मैलांचे अंतर पार करून २२ मैल परत येणारा परावर्तित प्रकाश दिसणे आता शक्य होते.

विशेष म्हणजे, दोन्ही टेकड्यांच्या माथ्यांमधील नेमके अंतर माहीत असायला हवे, म्हणजे प्रकाशाने किती अंतर पार केले हे त्याला अचूकपणे सांगता येईल. केवळ '२२ मैल' असे म्हणणे त्याच्या मते पुरेसे नव्हते. आपली उपकरणे त्याने ज्या ठिकाणी ठेवली होती त्यातील अंतर नेमक्या इंचांपर्यंत त्याने अचूकपणे मोजून घेतले.

अखेर त्याने साध्या आरशाऐवजी एका अष्टकोनी फिरणाऱ्या

आरशाचा वापर केला म्हणजे त्याला अंतरातील बदल मोठ्या प्रमाणावर मिळेल.

त्याने हा प्रयोग अनेक वेळा करून पाहिला. अखेर १९२७ साली प्रकाशाचा वेग प्रती सेकंद १,८६,२९५ मैल असल्याचे निर्धारित केल्यावर त्याचे समाधान झाले. ही अर्थातच आणखीच सुधारणा होती, कारण आता तो प्रत्यक्षातील वेगापेक्षा प्रती सेकंद फक्त १३ मैलच अधिक होता.

तरीही मायकेल्सनचे पूर्ण समाधान झाले नव्हते. हवेतून प्रकाशाचा झोत पाठवल्यानेदेखील प्रकाशाची गती किंचित कमी होत असे, कारण हवेतही प्रकाशाचे थोड्याफार प्रमाणात विकिरीकरण होतेच. प्रकाश जर निर्वात पोकळीतून गेला तरच त्याची खरी गती समजून घेता येईल.

रॉयमर व ब्रॅड्ली या दोघांनीही अंतराळातून खूप दूरवरून येणाऱ्या प्रकाशाचा म्हणजेच निर्वात पोकळीतून येणाऱ्या प्रकाशाचा अभ्यास केला होता; परंतु त्यांच्या मोजमापातील त्रुटींमुळे निर्वात पोकळीतून आलेल्या प्रकाशाने मिळणारे इतर फायदे मात्र त्यांना गमवावे लागले होते.

फिझो, फुको व मायकेल्सन यांनी अधिकाधिक सुधारित पद्धती विकसित केल्या होत्या; पण त्यांनी अभ्यासलेला प्रकाश हवेतून आलेला होता. आता मात्र मायकेल्सनने संवेदनशील पद्धत वापरून निर्वात पोकळीतून येणाऱ्या प्रकाशाचा अभ्यास करायचे ठरवले.

त्यासाठी मायकेल्सनने एक लांब नळकांडे वापरले. या नळकांड्याची लांबी त्याला इंचाच्या लहानशा भागापर्यंत नेमकी माहीत होती. यातील सर्व हवा बाहेर काढून त्याने निर्वात पोकळी तयार केली. त्यात त्याने आरशांची अशी रचना केली, की प्रकाशकिरण परत परत पुढे मागे जाऊन त्याचा दहा मैलांचा प्रवास होईल.

अल्बर्ट मायकेल्सन (१८५२-१९३१)

मरण पावेपर्यंत ही मोजमापे त्याने अनेक वेळा घेतली. त्याच्या मृत्यूनंतर दोन वर्षांनी म्हणजे १९३३ साली, त्याच्याबरोबर काम करणाऱ्या त्याच्या मदतनिसांनी सर्व आकडेमोड पूर्ण करून अखेर प्रकाशाचा वेग जाहीर केला.

तो प्रती सेकंद १,८६,२७१ मैल होता. त्याने आतापर्यंत जाहीर केलेल्या कोणत्याही अंदाजापेक्षा तो अधिक अचूक होता. अर्थात, त्यात फारसा फरक नव्हता. हा आकडा प्रती सेकंद ११.५ मैलांनी कमी होता.

प्रकाशाच्या निर्वात पोकळीतून जाण्याच्या त्याने केलेल्या संशोधनातून मायकेल्सनने आणखी एक-एक बाब शोधून काढली.

त्याने असा शोध लावला, की ज्या माध्यमांमध्ये प्रकाशाच्या

विकिरीकरणाची क्षमता असते- म्हणजे हवेतील अगदी लहानशा क्षमतेपासून ते हिऱ्याच्या मोठ्या क्षमतेपर्यंत - त्या माध्यमांतून जांभळ्या रंगाच्या कमी लहरलांबीच्या प्रकाशाचे लाल रंगाच्या अधिक लहरलांबीच्या प्रकाशापेक्षा अधिक विकिरीकरण होते. याचाच अर्थ, कमी लहरलांबीच्या प्रकाशाचा वेग अशा माध्यमांत अधिक लहरलांबीच्या प्रकाशापेक्षा कमी असतो.

निर्वात पोकळीत मात्र असे विकिरीकरण होत नसल्याने सर्व लहरलांबीचा प्रकाश एकाच, म्हणजे सर्वाधिक गतीने जायला हवा. मायकेल्सनने हे सिद्ध करून दाखवल्याने अशी केवळ कल्पना न करता हे सत्य असल्याचे निश्चित झाले.

मायकेल्सननंतरच्या काळात प्रकाशाचा वेग अधिक चांगल्या रीतीने मोजण्यात आला आहे. (त्याखेरीज मायकेल्सनचा सर्वात उत्तम अंदाज प्रती सेकंद ११.५ मैल कमी असल्याचे आपल्याला कसे समजले असते?)

सूर्याकडून येणाऱ्या, शेकोटीतून येणाऱ्या किंवा दिव्यातून येणाऱ्या प्रकाशात विविध लांबीच्या लहरी सर्व बाजूंनी बाहेर पडतात. तथापि, १९६० साली थिओडोर हॅरल्ड मैमन (जन्म १९२७) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने 'लेझर'ची निर्मिती केली. या प्रकाशातील सर्व लहरींची लांबी अगदी सारखीच असते व त्या सर्व एका विशिष्ट दिशेनेच जातात.

लेझरच्या झोतातील सर्व लहरींची लांबी एकच असल्याने ती अचूकपणे मोजणे शक्य झाले, तसेच एका सेकंदात किती लहरी उत्पन्न होतात हेदेखील जाणता आले. एका लहरीची लांबी मोजल्यावर, एका सेकंदात अशा किती लहरी निघतात त्या दोन्हीचा गुणाकार करून प्रकाश एका सेकंदात किती अंतर पार करेल हे सांगता येते.

१९७२ साली केनेथ एम. इव्हन्सन या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने या पद्धतीचा वापर करून प्रकाशाचा वेग प्रती सेकंदाला

१,८६,२८२.३९५९ मैल असल्याचे दाखवून दिले. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर दर सेकंदाला प्रकाश १,८६,२८२ मैल - ६९७ यार्ड प्रवास करतो. यात केवळ एखाद्या यार्डाचा फरक पडू शकतो.

शास्त्रज्ञ अंतर मोजण्यासाठी मैल व यार्डांचा वापर करत नाहीत. त्याऐवजी ते किलोमीटरचा उपयोग करतात. एक किलोमीटर म्हणजे सुमारे ५/८ मैल. प्रकाशाचा वेग दर सेकंदाला २,९९,७९२.४५६२ किलोमीटर होतो. हा आकडा तसा सोयीचाच आहे, कारण तो जवळजवळ ३,00,000 किलोमीटर प्रति सेकंद होतो व सर्वसाधारण हिशेब करण्यासाठी तोच वापरला जातो.

४ प्रकाशवर्षे व विश्व

प्रकाशाचा नेमका वेग माहीत झाल्यावर विश्वासंबंधी काही बाबी आपण आता जाणून घेऊ या.

चंद्राचे पृथ्वीपासूनचे सर्वसाधारण अंतर २,३८,८६७ मैल आहे. चंद्रापासून पृथ्वीपर्यंत येण्यास प्रकाशाला किती वेळ लागतो? याचे उत्तर आहे फक्त १.२५ सेकंद.

समजा, काही कारणाने चंद्र आकाशातून अचानक नाहीसा झाला, तर त्याने सूर्याकडून परावर्तित केलेला अखेरचा प्रकाशकिरण अंतराळातून आपल्यापर्यंत पोचायला तेवढा वेळ लागेल आणि चंद्र खरोखर नाहीसा झाल्यापासून एक पूर्णांक एक चतुर्थांश सेकंदानंतरच तो नाहीसा झाल्याचे आपल्याला समजेल.

सूर्य पृथ्वीपासून ९,३0,00,000 मैल अंतरावर आहे. प्रकाशाला सूर्यापासून पृथ्वीपर्यंत येण्यास ८ मिनिटे १९ सेकंद लागतात. सूर्य जर अचानक नाहीसा झाला, तर आपल्याला ते आठ पूर्णांक एक तृतीयांश मिनिटांनंतरच समजेल. पृथ्वीच्या भ्रमणकक्षेच्या एका टोकाकडून दुसऱ्या टोकापर्यंतचे अंतर कापायला प्रकाशाला १६ मिनिटे ३८ सेकंद लागतात. वर्षाच्या निरनिराळ्या वेळी गुरूच्या उपग्रहांच्या ग्रहणांचा अभ्यास करताना रॉयमरने हे शोधून काढले होते.

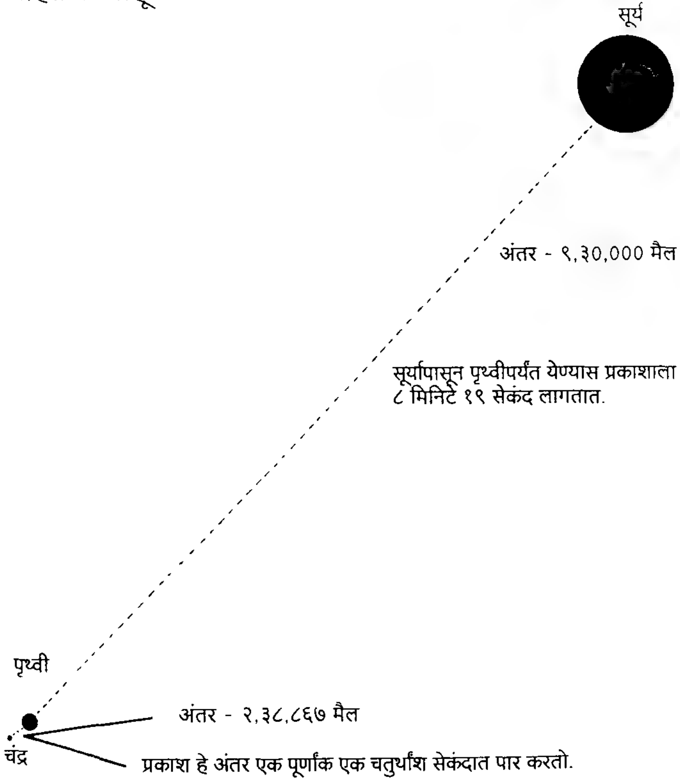
प्लुटो हा सर्वात दूरचा लहानसा ग्रह आहे. पृथ्वीच्या सूर्यापासूनच्या सरासरी अंतरापेक्षा तो सूर्यापासून ४0 पट दूर आहे. याचाच अर्थ, पृथ्वीची भ्रमणकक्षा पार करायला प्रकाशाला जेवढा वेळ लागतो, त्याच्या ४0 पट वेळ त्याला प्लुटोची भ्रमणकक्षा पार करायला लागेल. प्रकाशाला प्लुटोची भ्रमणकक्षा पार करायला

सुमारे ११ तास लागतील.

मग ताऱ्यांचे काय?

कोणत्याही ग्रहापेक्षा तारे इतके दूर आहेत, की त्यांचे अंतर सांगण्यासाठी 'प्रकाशवर्षा'त अंतर सांगणे सोयीचे होते.

प्रकाश एका वर्षात जे अंतर पार करतो ते म्हणजे एक प्रकाशवर्ष. हे अंतर ठरवण्यासाठी एका वर्षात प्रथम किती सेकंद आहेत ते पाहू या.



पृथ्वीचे सूर्य व चंद्रापासूनचे अंतर

एका मिनिटात ६0 सेकंद असतात आणि एका तासात ६0 मिनिटे. म्हणजेच एका तासात ६0 x ६0 किंवा ३,६00 सेकंद असतात. एका दिवसात असतात २४ तास. म्हणजेच ३,६00 x २४ याचाच अर्थ एका दिवसात ८६,४00 सेकंद होतात. एका वर्षात ३६५.२४२२ दिवस म्हणजे ८६,४00 x ३६५.२४२२ किंवा ३,१५,५६,९२६ सेकंद.

एका सेकंदात प्रकाश १,८६,२८२.३९५९ मैल जातो. एका वर्षात तो १,८६,२८२.३९५९ x ३,१५,५६,९२६, किंवा ५,८७८,४९,९७,७६,000 मैल. एकावर १२ शून्ये म्हणजे एक 'ट्रिलियन' किंवा १,000 अब्ज. याचा अर्थ, एक प्रकाशवर्ष हे अंतर ६,000 अब्ज मैलांहून थोडेसे कमी आहे.

पृथ्वीपासून चंद्रापर्यंतचे जे अंतर आहे त्याच्या २५ दशलक्षपट अंतर म्हणजे एक प्रकाशवर्ष. आपल्या अंतराळवीरांना पृथ्वीवरून चंद्रापर्यंत पोचायला तीन दिवस लागतात. त्याच सरासरी वेगाने ते पुढे जात राहिले, तर त्यांना एका प्रकाशवर्षाचे अंतर पार करायला सुमारे २,00,000 वर्षे लागतील.

दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर, एक प्रकाशवर्ष म्हणजे प्लुटोच्या भ्रमणकक्षेच्या १,६00 पट अंतर.

आता आपण ताऱ्यांच्या अंतराचा विचार करू शकतो.

आपल्या सर्वात जवळचा तारा म्हणजे अंधुक दिसणारा 'मित्र' (प्रॉक्सिमा सेंटोरी) हा तारा. तो आपल्यापासून ४.२७ प्रकाशवर्षे अंतरावर किंवा केवळ २५ हजार अब्ज मैल दूर आहे. कोणताही तारा यापेक्षा जवळ नाही.

याचा अर्थ, मित्र ताऱ्याचा प्रकाश आपल्यापर्यंत पोचायला ४.२७ वर्षे (४ वर्षे ९९ दिवस) लागतात. प्रकाशाचा वेग इतका प्रचंड असतो, की पृथ्वीपासून चंद्रापर्यंत जाण्यास त्याला फक्त १.२५ सेकंद लागतात; पण तरीही मित्र ताऱ्यापासून आपल्यापर्यंत

ताऱ्यांचा नकाशा

येण्यास त्याला ४.२७ वर्षे लागतात.

आणि हा मित्र तारा आपल्या सर्वात जवळचा तारा आहे.

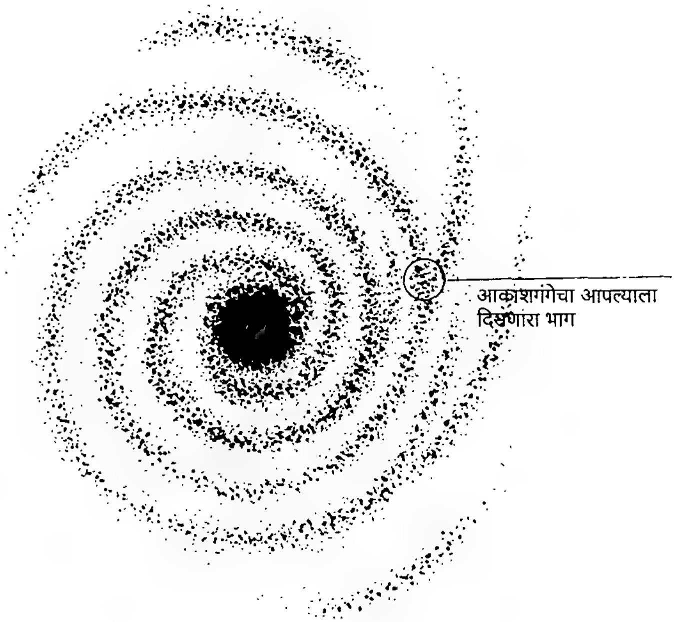
'व्याध' (सिरियस) हा आकाशातील सर्वात तेजस्वी तारा ८.६४ प्रकाशवर्षे अंतरावर म्हणजे मित्र ताऱ्याहून दुप्पट अंतरावर आहे.

रजन्या (रिगेल) हा मृगशीर्ष (ओरायन) तारकापुंजातील तेजस्वी तारा ८१५ प्रकाशवर्षे अंतरावर, म्हणजे व्याधाच्या ९५ पट अंतरावर आहे. अवकाशातील इतके प्रचंड अंतर पार करून आपल्यापर्यंत पोचायला प्रकाशाला ८१५ वर्षे लागतात. आता

तुम्ही जेव्हा रजन्याकडे पाहाल, तेव्हा आता तुम्हाला दिसणारा त्याचा प्रकाश रजन्याकडून तुमच्याकडे येण्यास निघाला तेव्हा रिचर्ड द लायनहार्टेड एक लहान मुलगा होता.

तरीही रजन्या हा आपल्या जवळच्या परिसरातील एक तारा आहे.

आपला सूर्य आणि आपल्याला आकाशात दिसणारे सुमारे दोनशे ते तीनशे अब्ज तारे हे एका चक्राकार आकाराच्या तारकासमूहाचा भाग आहेत. या समूहाचे म्हणजे दीर्घिकेचे नाव आहे 'आकाशगंगा' (मिल्कि वे गॅलक्सी).



आकाशगंगा

आपण या दीर्घिकेच्या केंद्रापासून बरेच दूर आहोत. आपण व आपल्याला आकाशात दिसणारे सर्व तारे या दीर्घिकेच्या केंद्रापासून सुमारे २५,000 प्रकाशवर्षे अंतरावर आहोत. या दीर्घिकेच्या केंद्रातून येणारा प्रकाश आपल्याला दिसू शकत नाही, कारण आपण व केंद्रस्थान यामध्ये पदार्थद्रव्याचे अंधारे ढग पसरलेले आहेत. तथापि, केंद्रातून येणाऱ्या रेडिओलहरी ते ढग पार करून आपल्यापर्यंत पोचू शकतात.

केंद्रातून निघालेल्या ज्या रेडिओलहरी आपल्याला आता मिळत आहेत त्या केंद्रातून २५,000 वर्षांपूर्वी, मानवी संस्कृती विकसित होण्यापूर्वी, निघाल्या आहेत.

संपूर्ण दीर्घिका एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत पाहिल्यास तिची रुंदी आहे १,00,000 प्रकाशवर्षे. म्हणजे ज्या प्रकाशाला पृथ्वीपासून चंद्रापर्यंतचे अंतर पार करायला १.२५ सेकंद लागतात, त्याला या दीर्घिकेची रुंदी पार करायला एक लक्ष वर्षे लागतील.

आणि आपली आकाशगंगा ही काही विश्वातील एकमेव दीर्घिका नाही. विश्वात अशा अब्जावधी दीर्घिका आहेत, बऱ्याचशा आपल्याहून लहान आहेत, तर काही थोड्या आपल्याहून बऱ्याच मोठ्यादेखील आहेत. आपल्या सर्वात जवळची मोठी दीर्घिका म्हणजे 'देवयानी' किंवा 'ॲन्ड्रोमिडा गॅलक्सी'. एखाद्या स्वच्छ, अंधाऱ्या रात्री, देवयानी तारकासमूहात एक अंधूकसा पुंजका दिसतो तीच ही दीर्घिका. साध्या डोळ्यांना दिसणारी ही सर्वात दूरची वस्तू आहे.

देवयानी दीर्घिका आपल्यापासून २३,00,000 प्रकाशवर्षे अंतरावर आहे, म्हणजेच तेथून निघालेला प्रकाश आपल्यापर्यंत पोचायला २३ लक्ष वर्षे लागतात. देवयानी दीर्घिकेकडे तुम्ही जर कधी पाहिलेत, तर तुम्हाला दिसणारा प्रकाश तेथून २३ लाख वर्षांपूर्वी म्हणजे आधुनिक मानव अस्तित्वात येण्यापूर्वी निघाला आहे. आज दिसणारा प्रकाश देवयानी दीर्घिकेतून निघाला तेव्हा

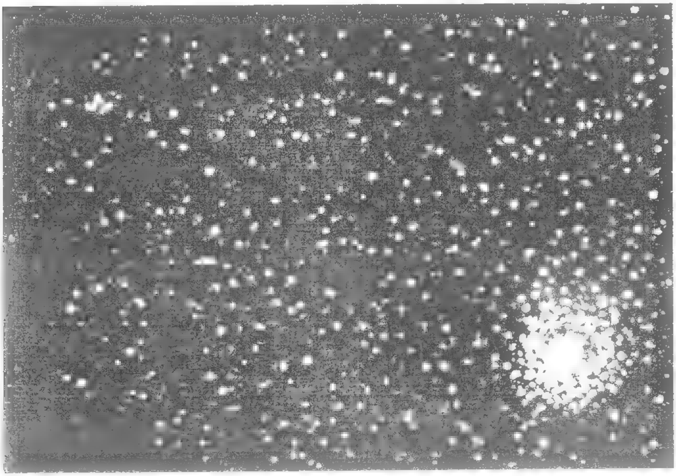
देवयानी दीर्घिका

पृथ्वीवरील सर्वात प्रगत जीवन म्हणजे दक्षिण आफ्रिकेतील चार फूट उंचीचे दोन पायांवर उभे राहणारे मानवसदृश प्राणी होते आणि त्यांचे मेंदू आधुनिक चिंपांझीएवढेच होते

देवयानी दीर्घिकेपलीकडेदेखील अनेक दीर्घिका आहेत मोठ्या दुर्बिणीतून पाहिले असता, अब्जावधी प्रकाशवर्षे अंतरावरील अनेक अस्पष्ट दीर्घिका दिसू शकतात.

१९६३ साली शास्त्रज्ञांनी ताऱ्यांप्रमाणे असणाऱ्या 'क्वासार' नावाच्या वस्तूंचा शोध लावला. हे क्वासार म्हणजे तेजस्वी केंद्र असणाऱ्या दीर्घिका असल्याचे नंतर समजले. या दीर्घिका इतक्या दूर आहेत, की त्यांचे केवळ तेजस्वी केंद्रच आपल्याला दिसते.

क्वासार या आतापर्यंत माहीत असणाऱ्या सर्वात दूरच्या वस्तू आहेत. सर्वात जवळचा क्वासार एक अब्ज प्रकाशवर्षे दूर आहे. आपण जेव्हा क्वासारकडे पाहतो, तेव्हा आपल्याला दिसणारा प्रकाश तेथून निघाला तेव्हा पृथ्वीवर केवळ अतिशय सूक्ष्म असे एकपेशीय जीवच अस्तित्वात होते. काहीसे गुंतागुंतीचे जीव पृथ्वीवर निर्माण होऊ लागून जमिनीकडे येऊ लागण्यापूर्वी त्या प्रकाशाचा तीन-पंचमांश प्रवास पूर्णही झाला होता. या प्रकाशाचा नऊ-दशांश प्रवास पूर्ण झाला तेव्हा पृथ्वीवर डायनोसोरचे राज्य होते आणि मानवसदृश प्राणी विकसित होण्याच्या काळापर्यंत या प्रकाशाचा ९६ टक्के प्रवास पूर्ण झाला होता.



आणि हा आपल्या सर्वात जवळचा क्वासार आहे. अधिक दूरवरचे क्वासार १० अब्ज प्रकाशवर्षांहून अधिक दूर आहेत. अशा अतिशय दूरवरच्या क्वासारकडील प्रकाशाचा प्रवास सुरू झाला तेव्हा आपला सूर्य व पृथ्वी अस्तित्वातही नव्हते. खरे पाहता, आपली सूर्यमाला तयार होत होती तेव्हा यांच्याकडून येणाऱ्या प्रकाशाचा या प्रचंड अंतरातील अर्धाअधिक प्रवास पूर्णही झाला होता.

यावरून विश्व किती प्रचंड आहे याची तुम्हाला कल्पना येईल. पृथ्वीवरील अंतराच्या संदर्भात प्रकाशाचा वेग अविश्वसनीय वाटावा इतका मोठा असला, तरी संपूर्ण विश्वाचा विचार केला असता तुलनेने प्रकाशाचा वेग अगदीच कमी, गोगलगाईसारखाच वाटतो.

एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाण्यासाठी अब्जावधी वर्षांचा काळ लागण्याची कल्पना तर करून पहा!

५ | सापेक्षतावाद व प्रकाशाची मर्यादा

सुरुवातीला जेव्हा शास्त्रज्ञांनी प्रकाशाचा वेग शोधून काढण्याचा प्रयत्न केला तेव्हा त्यांना त्याबद्दल केवळ कुतूहल होते. ध्वनीची गती किंवा एखाद्या रेसच्या घोड्याचा वेग माहीत असावा त्याप्रमाणेच प्रकाशाचा वेग जाणून घ्यावा, यापेक्षा त्यात अधिक महत्त्वाचे काही असेल असे वाटण्याचे काही कारणही नव्हते.

तरीही, त्यातून बऱ्याच गोष्टी निष्पन्न झाल्या. हे सर्व असे घडले.

प्रकाश लहरींचा बनलेला असतो असे एकदा माहीत झाल्यावर अर्थातच, 'कशाच्या लहरी?' असा प्रश्न साहजिकच निर्माण झाला.

सागराच्या पृष्ठभागावर पाण्याच्या लाटा असतात. ध्वनी म्हणजे हवेच्या लहरी. प्रकाश मात्र निर्वात पोकळीतूनही सहजपणे जाऊ शकतो. निर्वात पोकळीत तर काहीच नसते, मग प्रकाशाच्या लहरी कशाच्या बनल्या असाव्यात?

संपूर्ण विश्व शोधता न येणाऱ्या 'इथर' नावाच्या द्रव्यापासून बनले असावे, असे काही लोकांनी सुचवले. (आकाशातील वस्तू ज्या पदार्थाच्या बनलेला असतात अशी कल्पना होती, त्या पदार्थाचे प्राचीन ग्रीक भाषेतील नाव होते 'इथर'.) प्रकाशही इथरच्या लहरींचा बनलेला असावा असे त्यांचे मत होते.

त्यातून एक आणखीच नवा प्रश्न उपस्थित झाला. पृथ्वीवरील वस्तू पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या संदर्भातच हालचाल करतात; पण पृथ्वीचा पृष्ठभागही स्थिर नाही. पृथ्वी आपल्या आसाभोवती फिरते तसेच हा आसही फिरत असतो. आस सूर्याभोवती फिरतो; पण सूर्यही फिरतच असतो. सूर्य दीर्घिकेच्या केंद्राभोवती फिरतो आणि दीर्घिकाही फिरतच आहे.

थोडक्यात, सर्व काही फिरते आहे आणि हे सर्व तसे गोंधळात टाकणारेच आहे. इथर हा विश्वातील मूलभूत पदार्थ असेल म्हणून तो फिरत नसेल, असे काही लोकांचे मत होते. तो 'पूर्णपणे स्थिर' (ॲबसोल्यूट रेस्ट) असेल. सर्व वेग इथरच्या तुलनेत मोजता येतील व त्यानंतर आपल्याला 'केवळ गती' किंवा 'निरपेक्ष गती' (ॲबसोल्यूट गती) मिळेल.

मायकेल्सनला ज्या वेळी प्रकाशाच्या वेगात स्वारस्य वाटू लागले होते त्या वेळी इथरच्या तुलनेत पृथ्वीची गती मोजण्याचा हा एक मार्ग असेल, असा एक विचार त्याच्या मनात आला.

पृथ्वीच्या सर्व हालचाली इथरच्या तुलनेत होत असणार. प्रकाशझोत एका विशिष्ट दिशेने सोडला व त्याचा वेग मोजला अशी कल्पना करा. तो इथरच्या लहरींचा बनला असल्याने, तो स्थिर माध्यमातून जात असणार. जर पृथ्वीही त्याच दिशेने फिरत असेल, तर प्रकाशकिरण आपल्या गतीने प्रवास करेल, शिवाय त्यात पृथ्वीची गतीही मिसळली जाईल, म्हणजे हा वेग नेहमीपेक्षा काहीसा अधिक भरेल. पृथ्वी जर त्याच्या विरुद्ध दिशेने फिरत असेल, तर प्रकाशकिरणाच्या वेगातून पृथ्वीची गती कमी करावी लागेल, म्हणजे हा वेग नेहमीपेक्षा थोडा कमी होईल.

या दोन्ही गतींच्या फरकातून इथरच्या तुलनेत पृथ्वीची गतीही मोजता यायला हवी. एकदा पृथ्वीची 'निरपेक्ष गती' समजली की पृथ्वीच्या गतीच्या तुलनेत इतर सर्व निरपेक्ष गती मोजता येतील.

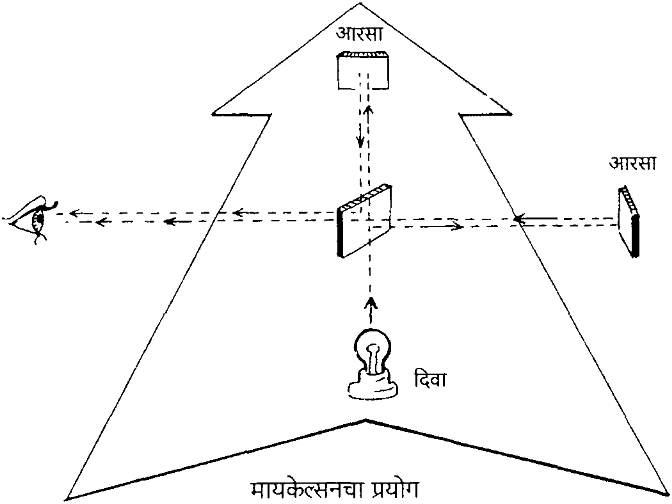
अर्थात, प्रकाशाच्या वेगाच्या तुलनेत पृथ्वीची गती अगदीच कमी आहे, त्यामुळे ती मिळवून अथवा वजा करून प्रकाशाच्या वेगात अगदीच नगण्य फरक पडेल. मग यातील पृथ्वीचा सहभाग कसा मोजणार?

१८८१ साली मायकेल्सनने 'इंटरफेरोमीटर' नावाचे एक उपकरण तयार केले. यात प्रकाशकिरणाचे दोन भाग केले जात व

ते दोन्ही निराळ्या दिशांना जाऊन परत एका ठिकाणी एकत्र येत.

एका बाजूचा प्रकाशकिरण पृथ्वीच्या गतीच्या दिशेने जाई व नंतर त्याविरुद्ध दिशेने परत येई. दुसऱ्या बाजूचा प्रकाश पृथ्वीच्या गतीच्या काटकोनात जाऊन तसाच परत येई.

मायकेल्सनने असा विचार केला, की इथर स्थिर असेल व पृथ्वी फिरत असेल, तर प्रकाशकिरणाचे दोन्ही अर्धे भाग किंचित वेगळ्या वेगाने प्रवास करतील व ते जेव्हा परत एकत्र येतील, तेव्हा त्यांच्या लहरी वेगळ्या असतील.



मायकेल्सनचा प्रयोग

काही ठिकाणच्या लहरींना वर-खाली एकत्रितपणे गेल्याने अधिक शक्ती मिळेल, म्हणून तो प्रकाश अधिक तेजस्वी होईल. इतर ठिकाणी त्या लहरी एकमेकींना नाहीशा करतील. एक वर जाताना दुसरी खाली येईल, म्हणून तो प्रकाश कमकुवत होईल.

प्रत्यक्षात, आलटून-पालटून उजेड व अंधाराचे पट्टे किंवा

'इंटरफेरन्स फ्रिंज' दिसेल. या पट्ट्यांच्या रुंदीवरून प्रकाशाच्या गतीतील फरक मोजता येईल आणि त्यावरून पृथ्वीची 'निरपेक्ष गती' शोधून काढता येईल.

१८८७ साली एडवर्ड विल्यम्स मोर्ले (१८३८-१९२३) या शास्त्रज्ञाच्या मदतीने मायकेल्सनने नेमके काय करायचे याचे सर्व तपशील ठरवले व हा 'मायकेल्सन-मोर्ले प्रयोग' करण्यात आला.

परंतु हा प्रयोग यशस्वी होताना दिसत नव्हता. उजेड व अंधाराचे पट्टे किंवा 'इंटरफेरन्स फ्रिंज' दिसतच नव्हती. कोणत्याही दिशेने जाणाऱ्या प्रकाशाची गती एकच होती; व ते अशक्य असावे असे वाटत होते. मायकेल्सनने हा प्रयोग अनेक वेळा करून पाहिला व दर वेळी निष्कर्ष एकच होता, इंटरफेरन्स फ्रिंज मिळतच नव्हती.

वास्तविक, गेल्या शंभर वर्षांत मायकेल्सन-मोर्ले प्रयोग अनेक वेळा करून पाहण्यात आला आहे, काही वेळा तर पहिल्यापेक्षा कितीतरी अधिक संवेदनशील उपकरणे यासाठी वापरण्यात आली आहेत; पण दर वेळी याचे निष्कर्ष तेच आले आहेत. प्रकाश कोणत्या दिशेने प्रवास करतो याचा प्रकाशाच्या वेगावर काहीच परिणाम होत नाही आणि पृथ्वी कोणत्या दिशेने फिरते यानेही त्यात काहीच फरक पडत नाही.

त्यानंतर १९०५ साली आल्बर्ट आईन्स्टाईन (१८७९-१९५५) या एका तरुण जर्मन-स्विस शास्त्रज्ञाने 'सापेक्षतावादाचा विशेष सिद्धान्त' मांडला. त्यानंतर विश्वातील सर्व हालचालीकडे एका निराळ्याच दृष्टीने पाहिले जाऊ लागले. 'संपूर्ण स्थिरता' किंवा 'निरपेक्ष गती' असे काहीच नसते, असे आईन्स्टाईनचे मत होते. कोणतीही गती दुसऱ्या एखाद्या चल वस्तूच्या संदर्भात मोजली तर काहीच अडचण येत नाही, असे त्याने दाखवून दिले.

मायकेल्सन-मोर्ले यांच्या प्रयोगातून निर्माण झालेली समस्या

सोडवण्याचा आईन्स्टाईन प्रयत्न करत नव्हता, कारण कदाचित त्याने त्याविषयी काही ऐकलेही नसेल. इतर काही कारणांमुळे त्याचे असे मत होते, की निर्वात पोकळीतून जाण्याचा प्रकाशाचा वेग कायमच असतो, तो कोणत्या दिशेने जातो किंवा कोणत्या गतीने जातो, अथवा प्रकाशाचा स्रोत कोणत्या दिशेने जात आहे, यामुळे त्यात काहीच फरक होत नाही.

प्रकाशाखेरीज इतरांसाठी मात्र, त्याची गती काय आहे आणि हा प्रवास ज्या ठिकाणापासून सुरू होतो ती जागा कोणत्या दिशेला आहे हे महत्त्वाचे ठरते. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर, प्रकाशाचे गुणधर्म सर्वसामान्य विचारसरणीला पटतील असे नाहीत. बहुतेक लोकांना सुरुवातीला आईन्स्टाईनचे म्हणणे पटले नाही.

तथापि, आईन्स्टाईनने असे दाखवून दिले, की प्रकाशाचे गुणधर्म जसे असावेत हे त्याने सांगितले होते त्याप्रमाणे असतील, तर जगातील वस्तूंचे गुणधर्म कसे असावेत व निरनिराळ्या प्रयोगातून काय निष्कर्ष निघावेत, याची उत्तरे मिळू शकतील. ही उत्तरे त्याने शोधून काढली व ती सर्व अचूक निघाली.

१९०५ सालापासून शास्त्रज्ञांनी वस्तूंच्या गुणधर्मांविषयी व त्याच्या वर्तणुकीसंबंधी हजारो नोंदी काळजीपूर्वक केल्या आहेत व त्यासाठी हजारो प्रयोग करून पाहिले आहेत. यापैकी प्रत्येक प्रयोग व प्रत्येक नोंदीमधून आईन्स्टाईनच्या सिद्धान्ताला पाठिंबाच मिळाला आहे.

आजकाल सर्वच शास्त्रज्ञ विश्वाच्या वर्णनासाठी हा सिद्धान्त अचूक असल्याचे मानतात.

आईन्स्टाईनच्या सिद्धान्ताने असेही दाखवून दिले, की प्रकाशाची वर्तणूक 'पुंज सिद्धान्ता'प्रमाणे (क्वान्टम थिअरी) होते. मॅक्स के.ई.एल. प्लँक (१८५८-१९४७) या जर्मन शास्त्रज्ञाने सर्वप्रथम हा सिद्धान्त १९०० साली मांडला. या सिद्धान्ताचा वापर करून

आल्बर्ट आईन्स्टाईन (१८७९-१९५५)

आईन्स्टाईनने असे दाखवून दिले, की प्रकाश निर्वात पोकळी सहज पार करतो, कारण त्यात कणांचे गुणधर्म असतात त्याप्रमाणेच लहरींचेही गुणधर्म असतात, म्हणून इथरची काहीच आवश्यकता नाही. त्यावरून इथर अनावश्यक असल्याचे सर्वच शास्त्रज्ञांनी मान्य केले व इथर अस्तित्वातच नसल्याने मायकेल्सन-मोर्ले प्रयोग अयशस्वी ठरला यात आश्चर्य वाटण्यासारखे काहीच नव्हते.

पुंज सिद्धान्तावरील संशोधनासाठी प्लँकला १९१८ साली

चंद्रावरील अंतराळवीर

नोबेल पारितोषिक देण्यात आले व आईन्स्टाईनला ते १९२१ साली देण्यात आले.

कोणत्याही परिस्थितीत कोणताही पदार्थ प्रकाशापेक्षा अधिक गतीने प्रवास करू शकत नाही, असा निष्कर्ष काढणे हे आईन्स्टाईनच्या सिद्धान्तामुळे शक्य झाले. तसेच कोणतेही संदेश प्रकाशाहून अधिक वेगाने जाणे अशक्य असल्याचेही मान्य झाले.

तोपर्यंत प्रकाशाचा वेग ठरवणे हे इतर कोणत्याही वेगाप्रमाणेच एक स्वारस्यपूर्ण बाब, याहून अधिक महत्त्वाचे नव्हते; पण अचानक कोणीही ओलांडू शकणार नाही अशी एक मर्यादा असे तिचे स्वरूप बनले.

आतापर्यंत केवळ वेगात वाढ करायला शिकण्यामुळेच मानवप्राणी अधिकाधिक दूरवर जाऊ शकत होता. सुरुवातीला धावण्याच्या किंवा पोहोण्याच्या मानवी गतीपेक्षा अधिक वेगाने जाणे मानवाला शक्य नव्हते. त्यानंतर त्यांनी घोड्यावर ताबा मिळवला, मग वाफेच्या इंजिनांचा, मोटारींचा, विमानांचा आणि अग्निबाणांचा शोध लावण्यात आला.

मानवाने प्रथम महासागर व खंडे काही आठवड्यांत ओलांडली, नंतर काही दिवसांत आणि काही तासांतही असे करणे शक्य झाले. तीन दिवसांत चंद्रापर्यंत जाता येईल इतका वेग वाढवण्यास ते शिकले.

मानवाला जर आणखी वेग वाढवण्यास शिकता आले, तर कधीतरी जवळच्या ताऱ्यापर्यंत तीन दिवसांत पोचणे त्याला शक्य होईल का?

नाही! काही झाले तरी, सर्वांत जवळच्या ताऱ्यापर्यंत जाण्यासाठी मानवाला ४.२७ वर्षे लागतील व ८.५४ वर्षांहून कमी वेळात तेथे जाऊन परत येता येणार नाही हे निश्चित.

काहीही केले तरी रजन्या या ताऱ्यापर्यंत पोचण्यासाठी ८१५

वर्षे लागणारच आणि तेथे जाऊन परत येण्यास कमीत कमी १६३० वर्षे लागणारच! आपले वारस जरी रजन्यावर पोचले, तरी 'आम्ही रजन्यावर पोचलो' असा संदेश त्यांनी पाठवला, तर तो पृथ्वीवर येऊन पोचण्यास आणखी ८१५ वर्षे लागणारच; आणि आपले त्या संदेशाचे उत्तर त्यांच्यापर्यंत पोचण्यास आणखी ८१५ वर्षे लागतील.

आपल्या दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानी पोचण्याचा आपला प्रवास २५,००० वर्षांहून कमी वेळात करता येणार नाही, किंवा देवयानी दीर्घिकेपर्यंत पोचण्याचा काळ २३,००,००० वर्षांहून कमी करता येणार नाही. सर्वात जवळच्या क्वासारपर्यंत जाण्यासाठी एक अब्ज वर्षांचा प्रवास करायची तयारी ठेवावीच लागेल.

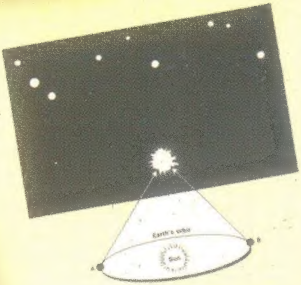
अर्थात, गतीबरोबरच काळाचा वेग कमी होतो असेही आईन्स्टाईनच्या सिद्धान्ताने सांगितले आहे. प्रकाशाच्या गतीपर्यंत काळाची गती जवळजवळ नाहीशीच होते. काहीतरी करून तुम्ही जवळच्या क्वासारला प्रकाशाचा झोत दाखवलात आणि तो परत आला, तर हे होण्यासाठी काहीच वेळ लागला नाही असे वाटेल.

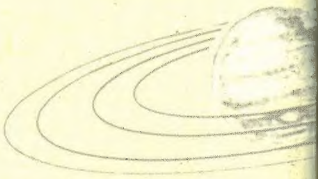
तथापि, पृथ्वीवर मात्र या वेळात २ अब्ज वर्षे होऊन गेली आहेत असे तुम्हाला दिसून येईल.

नेहमीच्या पद्धतीने विश्वाचे रहस्य उलगडण्याचे स्वप्न पाहणे आता शक्य होणार नाही. आपण जर ताऱ्यांच्या प्रवासाला निघालो, तर आपल्याला सर्वांना कायमचा 'रामराम' म्हणूनच निघावे लागेल. जर काही कारणाने, प्रकाशाच्या गतीच्या एक-दशांशापेक्षा कमी गतीने आपल्याला प्रवास करावा लागला, तर कोणत्याही ठिकाणी पोचण्यापूर्वीच आपले आयुष्य संपून जाईल, अशी शक्यताच अधिक असेल.

गॅलिलिओपासून ते मायकेल्सनपर्यंत ज्या शास्त्रज्ञांनी प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा प्रयत्न केला त्यांना, आपल्याला कायमचे आपल्या सूर्यमालेत जखडून ठेवणाऱ्या तुरुंगाच्या भिंतीची मोजमापे आपण घेत आहोत, याची खचितच माहिती नसणार.

मनोविकास प्रकाशन





प्रकाश किती वेगाने प्रवास करतो? प्रथम वाटले होते की प्रकाशाचा वेग मोजताच येणार नाही. इ.स.१६३० च्या सुमारास गॅलिलिओ या इटलीतील शास्त्रज्ञाने तो मोजण्याचा प्रयत्न केला; पण प्रकाशाचा वेग खूपच मोठा असतो एवढेच तो म्हणू शकला. १७४८ साली जेम्स ब्रॅड्ली या ब्रिटिश खगोलशास्त्रज्ञाने तो सेकंदाला १,७६,००० मैल असावा असे वर्तविले. १९७२ साली प्रकाशाचा वेग सेकंदाला १,८६,२८२.३९५९ मैल असल्याचे अधिकृतपणे मान्य करण्यात आले. पृथ्वीवरून चंद्रापर्यंत पोचण्यास प्रकाशलहरींना सव्वा सेकंद लागते तर आपली आकाशगंगा पार करण्यास प्रकाशाला एक लाख वर्षेलागतील. अल्बर्ट आइन्स्टाइनने जाहीर केले की प्रकाशाचा वेग ही अखेरची वेगमर्यादा आहे आणि ती कोणालाच ओलांडता येत नाही. विश्वाचा पसारा समजून घेण्यासाठी प्रकाशाचा वेग माहीत असणे का महत्त्वाचे आहे हे असिमॉव्ह यांनी त्यांच्या नेहमीच्याच सोप्या भाषेत स्पष्ट केले आहे.